

BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-277851

(43)Date of publication of application : 06.10.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/12

(21)Application number : 11-079978

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 24.03.1999

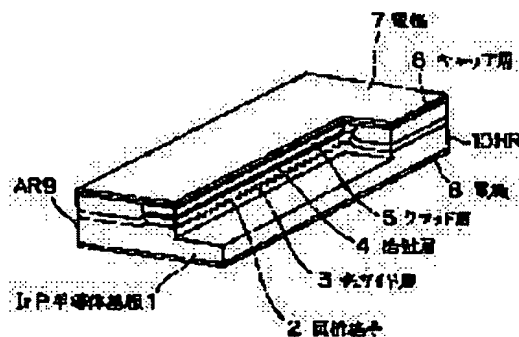
(72)Inventor : KOU YOKUTOU

(54) DISTRIBUTED FEEDBACK SEMICONDUCTOR LASER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a distributed feedback semiconductor laser with excellent laser characteristics and reflection return light resistance, by composing an active layer of a well layer and a barrier layer to provide the active layer with quantum well structure and composing the well layer of a tensile strain quantum well layer.

SOLUTION: A three-layered tensile strain multiple quantum well active layer 4 comprising a well layer and a barrier layer is formed on a diffraction grating 2. The well layer constituting this quantum well structure is preferably a tensile strain quantum well layer, for example, whose line width increase coefficient at gain peak wavelength is not more than 3. Since the tensile strain quantum well small in line width increase coefficient is used for the active layer 4 of the distributed feedback semiconductor laser thus constituted fluctuation in optical output caused by reflection return light is suppressed. That is, the resistance to reflection return light is enhanced. Also, fluctuation in oscillation wavelength caused by direct modulation is suppressed and a distributed feedback semiconductor laser with low chirping is obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

02.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

11.12.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-277851

(P2000-277851A)

(43) 公開日 平成12年10月6日 (2000. 10. 6)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 S 5/12

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

テーマコード* (参考)

6 4 2 5 F 0 7 3

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平11-79978

(22) 出願日

平成11年3月24日 (1999. 3. 24)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 黄 翊東

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100088328

弁理士 金田 暢之 (外2名)

Fターム(参考) 5F073 AA64 AA72 AA83 AA89 EA22

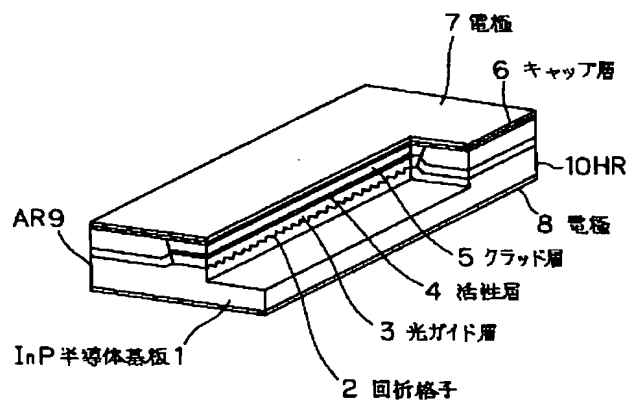
EA27 EA29

(54) 【発明の名称】 分布帰還型半導体レーザ

(57) 【要約】

【課題】 優れたレーザ特性を有しながら、構成が簡単で製作が容易であり、且つ反射戻り光耐性に優れた半導体レーザを提供する。

【解決手段】 少なくとも回折格子により光帰還を行う分布帰還型半導体レーザにおいて、活性層が井戸層と障壁層から構成される量子井戸構造を有し、前記井戸層を引張り歪量子井戸層で構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも回折格子により光帰還を行う分布帰還型半導体レーザにおいて、活性層が井戸層と障壁層から構成される量子井戸構造を有し、前記井戸層が引張り歪量子井戸層からなることを特徴とする分布帰還型半導体レーザ。

【請求項2】 前記井戸層は、利得ピーク波長での線幅増大係数 α が3以下である請求項1記載の分布帰還型半導体レーザ。

【請求項3】 前記回折格子が共振器長さ方向に沿って部分的に形成され、該回折格子が形成された領域は一方の端面側に偏在し、他方の、回折格子が形成されていない側の端面に高反射率コーティング膜が設けられたことを特徴とする請求項1又は2記載の分布帰還型半導体レーザ。

【請求項4】 共振器を構成する回折格子が共振器長さ方向に沿ってM個(Mは $M > 2$ の整数)の領域に分けられ、該領域同士の間位相シフト部が設けられ、該位相シフト部の全位相シフト量が λ/m (λ は発振波長、 m は正の数)に相当する量であることを特徴とする請求項1又は2記載の分布帰還型半導体レーザ。

【請求項5】 前記位相シフト部が光射出端面側に偏在することを特徴とする請求項4記載の分布帰還型半導体レーザ。

【請求項6】 前記の全位相シフト量が $\lambda/5 \sim \lambda/8$ に相当する量である請求項4又は5記載の分布帰還型半導体レーザ。

【請求項7】 前記回折格子は共振器中央から両端面方向に向かって周期が徐々に変化するように分布しており、両方向での周期の変化率は絶対値が等しく符号が反転していることを特徴とする請求項1又は2記載の分布帰還型半導体レーザ。

【請求項8】 共振器を構成する回折格子が共振器長さ方向に沿って複数の領域に分けられ、少なくとも1つの領域に他の領域と異なる周期の回折格子を有し、回折格子全体における位相シフト量が λ/m (λ は発振波長、 m は正の数)に相当する量であることを特徴とする請求項1又は2記載の分布帰還型半導体レーザ。

【請求項9】 前記の回折格子全体における位相シフト量が $\lambda/5 \sim \lambda/8$ に相当する量である請求項7又は8記載の分布帰還型半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体レーザに関し、特に集積光源として用いる、反射戻り光に強い分布帰還型半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体レーザは現在、大容量・長距離の光ファイバ通信用の光源として広く用いられている。しかしながら従来の半導体レーザでは、光コネクタなど

の光学部品からの極僅かの反射戻り光により、半導体レーザ内部で雑音を生じ、伝送符号誤りが発生するという問題が有った。半導体レーザへの反射戻り光を除去するために用いる光アイソレータは、材料の加工や組み立てに多数の工数を要し、高額であるという欠点があった。従って、光アイソレータがなくても使える反射戻り光に強い、すなわち反射戻り光耐性に優れた(反射戻り光の影響を受けにくい)半導体レーザの開発が望まれている。

10 【0003】 反射戻り光が誘起する雑音(反射戻り光誘起雑音)を低減するための従来のレーザ構造の一例として、図8に示す様な分布帰還型半導体レーザ(以下「DFBレーザ」という。)の発明がある(特開平4-17384号公報に記載)。この発明では、従来のDFBレーザの活性層83を励起領域(電流を注入する領域)と非励起領域89とに分け、非励起領域を端面に接する位置に設けることで、非励起領域の回折格子を分布反射器として活用することによって、端面に誘電体多層膜を被覆しなくても、反射戻り光が活性層の励起領域に入射することを抑制できる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような従来の構造のレーザでは、レーザの出射光と反射戻り光に対して非励起領域における反射率が同じであるため、十分な反射戻り光耐性を得ようとするとなかなかスロープ効率が得られなくなる。また、非励起領域での損失が大きいため、低閾値レーザの実現が困難である。

30 【0005】 そこで本発明の目的は、優れたレーザ特性を有しながら、構成が簡単で製作が容易であり、且つ反射戻り光耐性に優れた半導体レーザを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、少なくとも回折格子により光帰還を行う分布帰還型半導体レーザにおいて、活性層が井戸層と障壁層から構成される量子井戸構造を有し、前記井戸層が引張り歪量子井戸層からなることを特徴とする分布帰還型半導体レーザに関する(第1の発明)。

40 【0007】 また本発明は、前記回折格子が共振器長さ方向に沿って部分的に形成され、該回折格子が形成された領域は一方の端面側に偏在し、他方の、回折格子が形成されていない側の端面に高反射率コーティング膜が設けられたことを特徴とする上記第1の発明の分布帰還型半導体レーザに関する(第2の発明)。

【0008】 また本発明は、共振器を構成する回折格子が共振器長さ方向に沿ってM個(Mは $M > 2$ の整数)の領域に分けられ、該領域同士の間位相シフト部が設けられ、該位相シフト部の全位相シフト量が λ/m (λ は発振波長、 m は正の数)に相当する量であることを特徴とする上記第1の発明の分布帰還型半導体レーザに関する

る(第3の発明)。

【0009】また本発明は、前記位相シフト部が光射出端面側に偏在することを特徴とする上記第3の発明の分布帰還型半導体レーザに関する。

【0010】また本発明は、前記回折格子は共振器中央から両端面方向に向かって周期が徐々に変化するように分布しており、両方向での周期の変化率は絶対値が等しく符号が反転していることを特徴とする上記第1の発明の分布帰還型半導体レーザに関する。

【0011】また本発明は、共振器を構成する回折格子が共振器長さ方向に沿って複数の領域に分けられ、少なくとも1つの領域に他の領域と異なる周期の回折格子を有し、回折格子全体における位相シフト量が λ/m (λ は発振波長、 m は正の数)に相当する量であることを特徴とする上記第1の発明の分布帰還型半導体レーザに関する。

【0012】

【作用】以下に本発明の原理について説明する。

【0013】図1に、DFBレーザにおける反射戻り光による光出力揺らぎの発生メカニズムの概念図を示す。反射戻り光がDFBレーザの共振器に入射されると、レーザ内部の電界 E およびキャリア密度 N が変動し、これにより等価屈折率 n_{eq} が変動する。その結果、DFBレーザの発振条件、すなわち反射鏡損失 α_m (発振閾値に関係する)及び離調量 $\delta\beta$ (発振波長に関係する)が変化し、光出力および発振波長 λ が変動する。ここで、 $\delta\beta = 2n_{eq}\pi(1/\lambda - 1/\lambda_B)$ 、 λ_B はブラッグ波長である。

【0014】大信号解析により、反射戻り光量0、-20dB、-30dBに対するデジタル変調時のDFBレーザの光出力変動の計算結果を図2に示す。図2より、反射戻り光が入射した時には、光出力の変動が起こり、応答波形のHiレベルに図に示すような揺らぎ成分が重なることが分かる。このような出力揺らぎがフィルタを透過し、受信感度ペナルティの発生につながる。DFBレーザの光出力揺らぎが小さいほど反射戻り光に強い。図1に示したメカニズムから分かるように、等価屈折率の変動を抑えれば、DFBレーザの発振条件の変動が抑制され、光出力揺らぎ及び発振波長揺らぎが低減できる。

【0015】一方、引張り歪多重量子井戸(引張り歪MQW)における引張り歪の効果でライトホールバンドが上に上がり、価電子帯の第一準位になる。その結果、高い微分利得 g 、そして低い線幅増大係数 α が得られる。

【0016】図3(b)は、引張り歪単一量子井戸(TM($x=0.32$))、圧縮歪単一量子井戸(TE($x=0.70$))および無歪単一量子井戸(TE($x=0.53$))の利得スペクトルを示す。図に示すように、注入キャリア密度 N の増大に連れて、引張り歪量子井戸の利得ピークが大きく増加する。すなわち、圧縮歪量子井戸および無歪量子井戸と比べ

て、引張り歪量子井戸の微分利得 dg/dN が大きい。

【0017】図3(a)は引張り歪単一量子井戸、圧縮歪単一量子井戸および無歪単一量子井戸の線幅増大係数の計算結果(フリーキャリアプラズマ効果を考慮していない)である。線幅増大係数 α は $\alpha = (dn/dN)/(dg/dN)$ であるため、大きい微分利得を有する引張り歪量子井戸は線幅増大係数が小さく、利得ピーク波長での線幅増大係数値は圧縮歪量子井戸の2/3以下になることが分った。

【0018】表1に、線幅増大係数 α へのフリーキャリアプラズマ効果の影響を示す。ここで表中の L_w は量子井戸の厚さである。圧縮歪量子井戸および無歪量子井戸の発振モードはTEモードであるため、フリーキャリアプラズマ効果により線幅増大係数 α が大きく増加することが分った。引張り歪量子井戸の場合は、第一価電子準位はライトホールバンドであり、TMモードで発振することができる。TMモードの電界偏波振動が量子井戸の垂直方向になるので、この方向にフリーキャリアの運動が抑制され、プラズマ効果により線幅増大係数の劣化がないと考えられる。したがって、引張り歪量子井戸では更に低い線幅増大係数が得られ、圧縮歪量子井戸の1/3程度になることが分った。

【0019】

【表1】

表1

N=3×10 ¹⁸ cm ⁻³ L _w =5nm		プラズマ効果	
		考慮しない	考慮する
線幅増大係数	圧縮歪QW	1.8	3.1
	無歪QW	2.2	3.8
	引張り歪QW	1.1	1.1

線幅増大係数 α の小さいレーザでは、キャリア変動により屈折率の変動が小さい。これによりレーザの発振条件の変動が抑制され、光出力揺らぎ及び発振波長揺らぎが低減できる。したがって、本発明の構造では、活性層に線幅増大係数の小さい引張り歪量子井戸を用いることによって、DFBレーザの反射戻り光耐性が向上する。

【0020】一方、直接変調時には、DFBレーザに変調信号をかけて、共振器内部のキャリア密度を強制的に変動させるが、これによって屈折率が変化するため、発振波長揺らぎが発生する。本発明の構造では、活性層に線幅増大係数の小さい引張り歪量子井戸を用いているため、直接変調時における屈折率の変動が抑制され、発振波長揺らぎが低減でき、低チャージングのDFBレーザの実現が可能である。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態について説明する。

【0022】なお、参照する図面は、本発明が理解できる程度に各構成要素の大きさ、形状及び配置関係を概略的に示してある。

【0023】第1の実施の形態

図4に本発明の半導体レーザの第1の実施形態の概略構成図を示す。

【0024】本実施形態の半導体レーザは、共振器長 $250\mu\text{m}$ であり、周知の電子ビーム露光法およびリソグラフィによりInP半導体基板1上に回折格子2が形成されている。この回折格子2上には、周知のエピタキシャル成長により、InGaAsP光ガイド層（層厚 $0.1\mu\text{m}$ ）3、三層引張り歪多重量子井戸活性層4（井戸： $3\times 12\text{nm}$ 、障壁層： $2\times 15\text{nm}$ ）、InGaAsPクラッド層5（層厚 $3\mu\text{m}$ ）、InPキャップ層6（層厚 $0.2\mu\text{m}$ ）が形成されている。

【0025】また、InPキャップ層6側とInP半導体基板1側にはそれぞれ、周知の電極形成法によって電極7、8が形成されている。さらに、半導体レーザの前端面には無反射コーティング膜（AR）9、後端面には高反射コーティング膜（HR）10が施されている。

【0026】量子井戸の引張り歪量は、井戸層の線幅増大係数を3以下にするために、 -0.5% 以上に設けられている。

【0027】また、前記の回折格子2を形成する際のエッチングの深さは、分布帰還結合係数 κ が約 $70/\text{cm}$ となるように $0.03\mu\text{m}$ とした。回折格子の周期は $\Lambda=202.7\text{nm}$ である。

【0028】本発明において、量子井戸構造を構成する井戸層は、利得ピーク波長での線幅増大係数 α が3以下である引張り歪み量子井戸層であることが好ましく、この線幅増大係数 α は $0\sim 3$ であることがより好ましい。

【0029】このように、本実施形態のDFBレーザの活性層には、線幅増大係数の小さい引張り歪量子井戸を用いているため、反射戻り光に起因した光出力揺らぎを抑制することができる。すなわち、反射戻り光耐性を向上させることができる。また、直接変調に起因する発振波長揺らぎも抑制でき、低チャージングのDFBレーザを実現できる。

【0030】第2の実施の形態

図5（a）に本発明の半導体レーザの第2の実施形態の概略構成図を示す。

【0031】本実施形態の半導体レーザは、InP半導体基板1上に図5（b）に示す位相シフト部12を有する回折格子2が形成されていること、半導体レーザの両端面には、無反射コーティング膜が施されていること以外は、第1の実施形態と同様な構成を有する。

【0032】回折格子は2つの領域に分けられ、これらの領域間に位相シフト部11が設けられている。この位

相シフト部11は、回折格子の周期を Λ とすると $\Lambda/4$ の位相シフト量とし、この $\Lambda/4$ は $\lambda/8$ に相当する量とした。本発明においては、この位相シフト量は $\lambda/5\sim\lambda/8$ に相当する量であることが好ましい。

【0033】このように、本実施形態のDFBレーザの活性層には、線幅増大係数の小さい引張り歪量子井戸を用いていることに加えて、 $\lambda/8$ に相当する位相シフト量を有する位相シフト部11を設けてあるので、反射戻り光に起因した光出力揺らぎを更に抑制することができる。すなわち、反射戻り光耐性を向上させることができる。また、直接変調に起因する発振波長揺らぎも抑制でき、低チャージングのDFBレーザを実現できる。

【0034】第3の実施の形態

図6に本発明の半導体レーザの第3の実施形態の概略構成図を示す。

【0035】本実施形態の半導体レーザは、回折格子2が共振器の長さ方向に沿って部分的に形成され、この回折格子形成領域が共振器の前端面側に偏在すること、前端面に無反射コーティング膜が形成され、後端面に高反射率コーティング膜が形成されていること以外は、第1の実施形態と同様である。

【0036】このように、本実施形態のDFBレーザの活性層には、線幅増大係数の小さい引張り歪量子井戸を用いていることに加えて、部分的に回折格子を設けているので、反射戻り光や直接変調に起因する光出力揺らぎ及び発振波長揺らぎを抑制することができる。また、端面位相により反射戻り光耐性を向上でき、チャージング特性のばらつきも抑制することができる。

【0037】第4の実施の形態

図7（a）に第4の実施の形態の半導体レーザの回折格子の構造を示す。

【0038】第4の実施の形態の半導体レーザは、回折格子の構造が異なる以外は、第1の実施形態と同様な構造を有する。

【0039】第4の実施形態の回折格子構造は、図7（a）に示すように、位相シフト部11が共振器の中央から外れ、前端面から共振器長の $1/4$ の位置にある。本実施形態では、位相シフト量が $\lambda/8$ に相当する量としたが、本発明においては $\lambda/5\sim\lambda/8$ に相当する量であることが好ましい。位相シフトDFBレーザの内部電界は、位相シフト部の付近に大きく分布する。本実施形態の構造により、位相シフト領域が前端面（光射出面）の付近にあるため、前端面付近の電界強度が大きくなり、反射戻り光耐性が向上し、またチャージングが低くなると同時に、レーザの出力効率が改善できる。

【0040】第5～第7の実施の形態

図7（b）～（d）に第5～第7の実施の形態の半導体レーザの回折格子の構造を示す。

【0041】第5～第7の実施の形態の半導体レーザは、回折格子の構造が異なる以外は、第1の実施形態と

10

20

30

40

50

同様な構造を有する。

【0042】第5の実施の形態の回折格子構造は、図7(b)に示すように、回折格子が複数の領域に分けられ、各領域同士の間位相シフト部が設けられ、これら位相シフト部の位相シフト量の合計、すなわち全位相シフト量は $\lambda/8$ に相当する量である。本発明においては、この全体の位相シフト量は、 $\lambda/5 \sim \lambda/8$ に相当する量であることが好ましい。全位相シフト量がこの範囲内にあると、より反射戻り光耐性に優れるレーザが得られる。

【0043】第6の実施の形態の回折格子は、図7(c)に示すように、共振器の中央から一方(右方向)に向かって周期が徐々に増大し、他方(左方向)に向かって周期が徐々に減少し、両方向の周期の変化率が絶対値が等しく符号が反転するように分布した構造を有する。本実施の形態では、回折格子の共振器全体での平均周期に対して、 $\lambda/8$ に相当する位相シフト量を有する。本発明においてこの位相シフト量は $\lambda/5 \sim \lambda/8$ に相当する量であることが好ましい。全体での位相シフト量がこの範囲内にあると、より反射戻り光耐性に優れるレーザが得られる。

【0044】第7の実施形態の回折格子構造は、図7(d)に示すように、共振器が共振器長さ方向に複数の領域に分けられ、少なくとも1つの領域に他と異なる周期の回折格子を有する。本実施の形態では、3つの領域に分けられ、第1の領域と第3の領域の回折格子は同じ周期 $\Lambda 1$ を有し、第2の領域は異なる周期 $\Lambda 2$ を有する。第2の領域の回折格子の周期によって、回折格子全体における位相シフト量は $\lambda/8$ に相当する量となる。本発明において回折格子全体における位相シフト量は $\lambda/5 \sim \lambda/8$ に相当する量であることが好ましい。全体の位相シフト量がこの範囲内にあると、より反射戻り光耐性に優れるレーザが得られる。

【0045】従来の位相シフトDFBレーザは電界分布が不均一であり、中央部分(あるいは位相シフト領域)の電界が高く、空間的ホール・バーニングが起こりやすい。これに対して第5～第7の実施形態の構造では、レーザ共振器内部の電界分布の均一性が改善される。また、全体の位相シフト量を λ/m に相当する量にするため、反射戻り光や直接変調に起因する光出力揺らぎ及び発振波長揺らぎが更に抑制され、反射戻り光に強く、低チャージングのDFBレーザが得られる。

【0046】

【発明の効果】本発明の引張り歪量子井戸活性層を有する分布帰還型半導体レーザは、活性層の線幅増大係数が小さいため、外部からの反射戻り光や直接変調に起因す

る半導体レーザ共振器内部の屈折率の変動が抑制され、光出力揺らぎ及び発振波長揺らぎを抑制できる。その結果、反射戻り光耐性に優れ且つ低チャージングの半導体レーザを実現することが可能となる。さらに本発明の半導体レーザは、本来のレーザ特性を損なうことなく上記効果を奏し、しかも簡単な構造を有するため、その製造も容易である。

【図面の簡単な説明】

【図1】半導体レーザにおける反射戻り光による光出力揺らぎの発生メカニズムを説明するための概念図である。

【図2】本発明の半導体レーザの原理の説明するための、時間に対する光出力変動の計算結果を示すグラフである。

【図3】本発明の半導体レーザの原理の説明図である。図3(a)は線幅増大係数の計算結果を示し、図3(b)は利得スペクトルを示すグラフである。

【図4】本発明の半導体レーザの構造を説明するために概略構成図である。

【図5】本発明の半導体レーザの構造を説明するために概略構成図である。

【図6】本発明の半導体レーザの構造を説明するために概略構成図である。

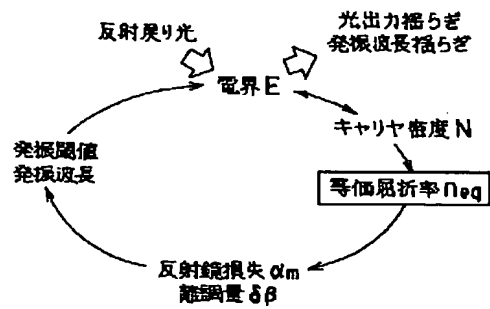
【図7】本発明の半導体レーザの回折格子の概略構造図である。

【図8】従来の半導体レーザの概略構成断面図である。

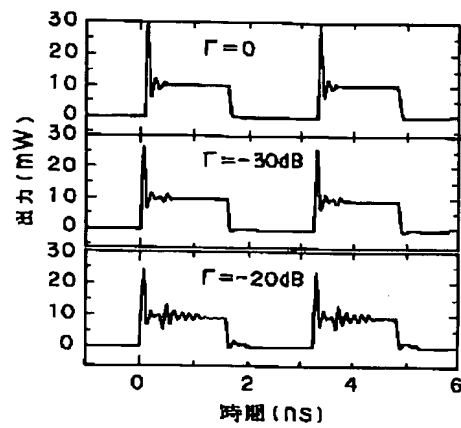
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 回折格子
- 3 光ガイド層
- 4 活性層
- 5 クラッド層
- 6 キャップ層
- 7、8 電極
- 9 無反射コーティング膜(AR)
- 10 高反射コーティング膜(HR)
- 11 位相シフト部
- 80 回折格子
- 81 基板
- 82、85 クラッド層
- 83 活性層
- 84 ガイド層
- 86 キャップ層
- 87、88 電極
- 89 電極を形成しない領域(非励起領域)

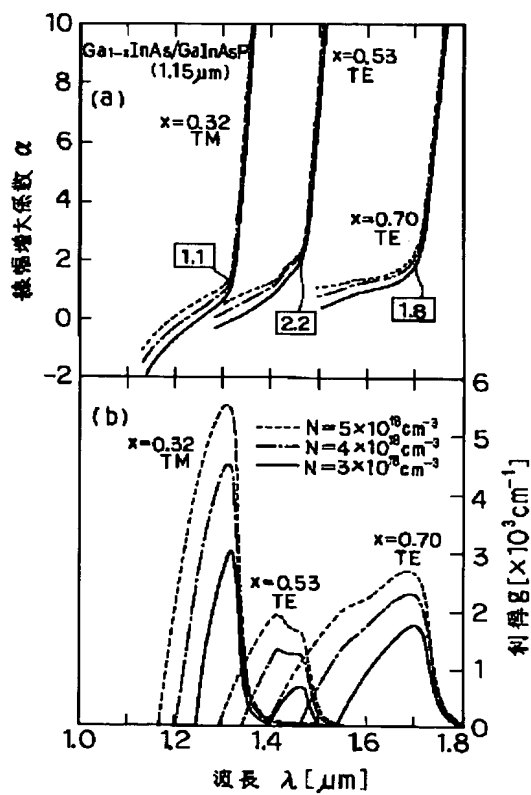
【図1】



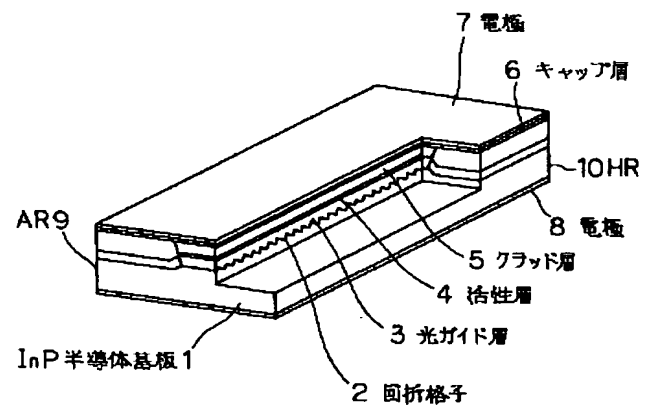
【図2】



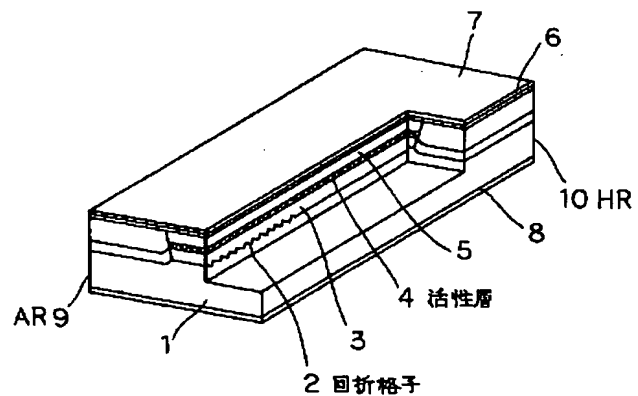
【図3】



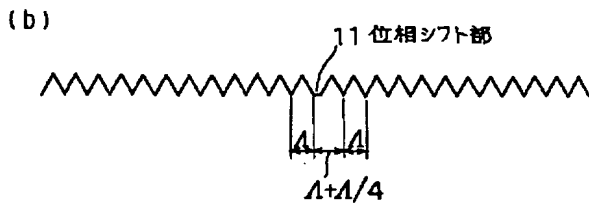
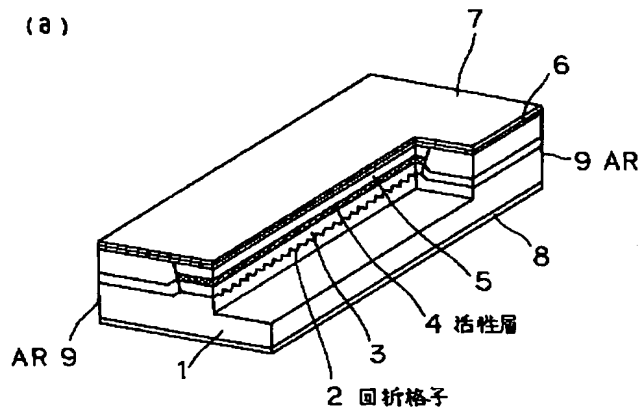
【図4】



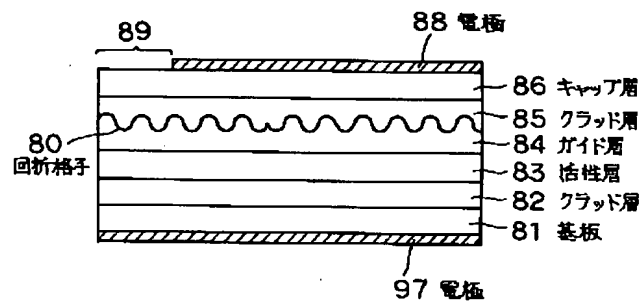
【図6】



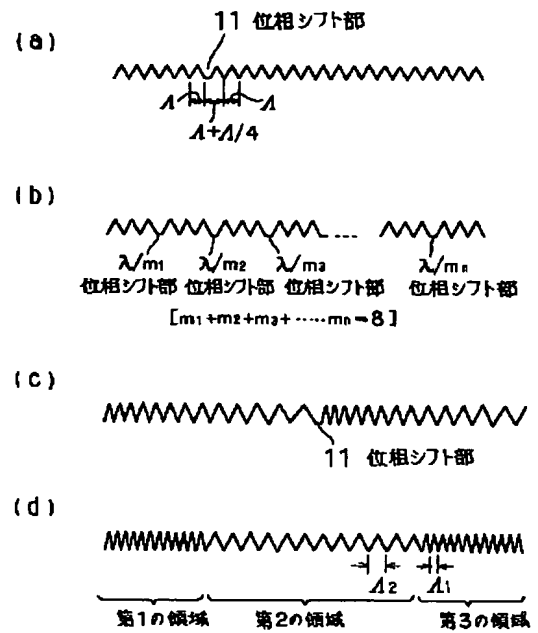
【図5】



【図8】



【図7】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.